

GIS-gestützte Schadenpotenzial- und Risikoanalyse an der niedersächsischen Küste

Das Risiko einer Sturmflut an der niedersächsischen Küste schwankt räumlich stark. Dies geht auf Unterschiede in Nutzung und Besiedelung des Hinterlandes sowie in der Belastbarkeit von Anlagen des Küstenschutzes zurück. Bei einem zu erwartenden Anstieg des Meeresspiegels steht heute die Bemessung derartiger Schutzanlagen vor neuen Herausforderungen. Mit Hilfe Geographischer Informationssysteme wird an einer flächendeckenden Risikozonierung der Küste gearbeitet, welche die Grundlage zur Entwicklung eines *Decision Support Systems* (DSS) für den niedersächsischen Küstenschutz bildet.

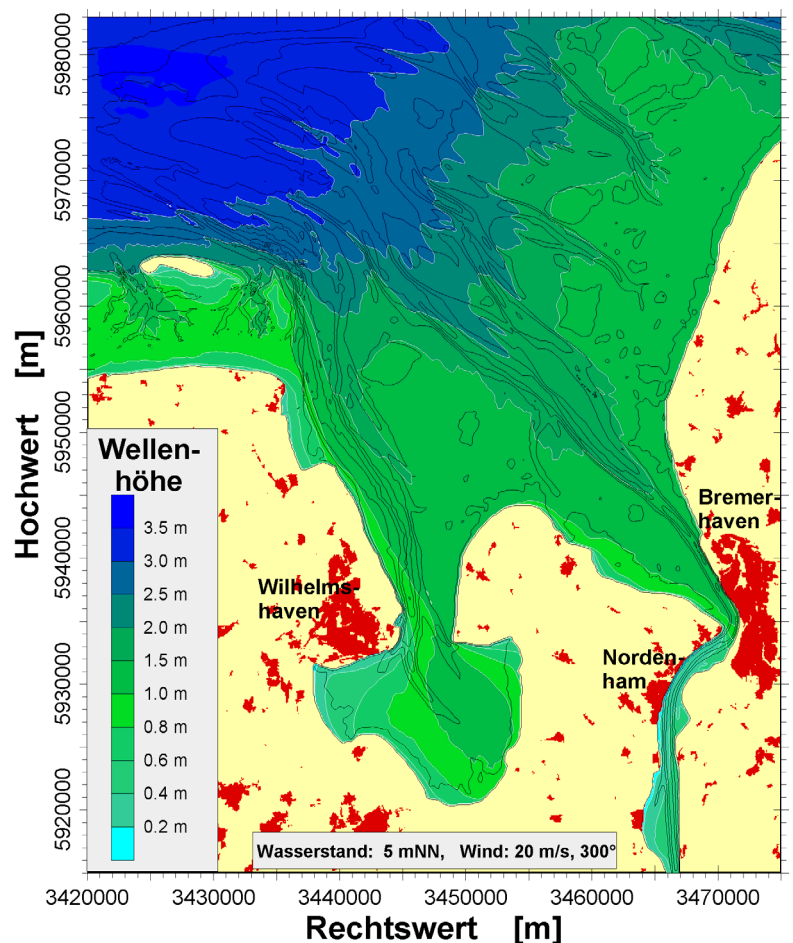
Die niedersächsischen Küstenregionen weisen eine hohe Verwundbarkeit gegenüber Sturmfluten auf. So liegen 7130 km² Küstenhinterland tiefer als NN + 5 m, was etwa dem maximal aufgetretenen Sturmflutwasserstand an der deutschen Nordseeküste entspricht. In Niedersachsen wären damit etwa 1,3 Mio. Menschen sowie ökonomische Werte von 150 Mrd. € potenziell gefährdet (Sterr und Simmering 1996, S. 196).

Zum Schutz dieser Werte werden zur Zeit jährlich etwa 50 Mio. € in den Bau und die Unterhaltung von Küstenschutzanlagen in Niedersachsen investiert. Die Mittelzuweisung orientiert sich hierbei jedoch nicht an der Hinterlandnutzung, sondern strebt nach einem einheitlichen Sicherheitsstandard für die gesamte Küste. Die Küstenschutzanlagen der dichtbesiedelten Städte, wie z.B. Wilhelmshaven oder Bremerhaven, werden nicht anders bemessen als die Schutzanlagen des ländlichen, dünn besiedelten Raums.

Dieses Vorgehen ist jedoch infolge des klimaänderungsbedingten beschleunigten Anstiegs des Meeresspiegels bei gleichzeitiger Verknappung öffentlicher Mittel in Zukunft nicht mehr praktikabel. Es wird daher für die deutschen Küsten zur Zeit die Methode der probabilistische Risikoanalyse, welche zum Beispiel in den Niederlanden teilweise umgesetzt ist (Jorissen 2000, S. 80), weiterentwickelt. Teil einer solchen Risikoanalyse ist einerseits die Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit von Küstenschutzanlagen

Abb. 1: Seegangparameter der Sturmflut vom 3. Januar 1976. Hoch- und Rechtswerte nach Gauß-Krüger (DHDN)

Quelle: eigene Darstellung



Tab. 1: Wertbestand der Gemeinden Butjadingen und Nordenham

Gemeinde	Einwohner	Landwirtschaft	Produktion	Handel, Verkehr	Dienstleistung	Staat
Butjadingen	6479 Ew.	56,9 Mio €	34,7 Mio €	28,5 Mio €	76,1 Mio €	47,0 Mio €
Nordenham	28989 Ew.	39,7 Mio. €	747,6 Mio €	260,7 Mio €	277,3 Mio €	180,4 Mio €

Quelle: eigene Zusammenstellung nach Kiese, Leinweber 2001, S.39 u. 54

und andererseits die Ex-Ante-Bewertung des Folgeschadens im Versagensfall zu ermitteln. Daraus ergibt sich die Formel Risiko = Versagenswahrscheinlichkeit x Folgeschaden.

Mit Hilfe von GIS lassen sich die einzelnen Arbeitsschritte der Risikoanalyse realisieren. Am Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover wird derzeit für den niedersächsischen Küstenraum das Risikoinformationssystem Küste (RISK) entwickelt.

Versagenswahrscheinlichkeit von Küstenschutzsystemen

Die Versagenswahrscheinlichkeit von Küstenschutzsystemen ist abhängig von den äußeren Belastungen und von der Belastbarkeit des jeweiligen Küstenschutzsystems. Unter Küstenschutzsystemen wird hier die Kombination verschiedener Küstenschutzelemente wie Vorländer, Lahnungen, Sommerdeiche und Hauptdeiche, aber auch Sperwerke, verstanden (Zimmermann, Mai 1998, S. 67). Die äußeren Belastungen resultieren im Wesentlichen aus dem Tidehochwasserstand (Thw) und dem Seegang. Während die Tidehochwasserstände an der deutschen Nordseeküste seit etwa 1850 aufgezeichnet werden, liegen für die Seegangsbelastung nur unzureichende Informationen aus Messungen vor. Es wurde daher mit Hilfe des Seegangsmodells SWAN (Simulating Waves Nearshore; vgl. Ris 1997, S. 6 ff) eine Parametrisierung des Seegangs in Abhängigkeit von Wind und Wasserstand vorgenommen und so eine flächendeckende Datenbasis zum Seegangsklima geschaffen. Abb. 1 zeigt beispielhaft die See-

gangsverhältnisse im Bereich des Jade-Weser-Ästuars unter den Bedingungen der Sturmflut vom 3. Januar 1976. Weitere Seegangssituationen sind in einem internetbasierten interaktiven Seegangsatlas zusammengefasst (Mai, Lieberman 2000, S. 2).

Die Belastbarkeit der bestehenden Küstenschutzsysteme ist an der deutschen Nordseeküste im Wesentlichen durch die Höhe der Hauptdeiche bestimmt. Die Versagenswahrscheinlichkeit des Küstenschutzsystems entspricht hier der Wahrscheinlichkeit eines Wellenüberlaufs am Hauptdeich, da dieser in der Regel zu einem Deichbruch führt (Starke 2000, S. 30). An den Deichen der Außen- und Unterweser weist die Versagenswahrscheinlichkeit teilweise erhebliche Schwankungen auf. So beträgt sie im Mittel auf der linken Weserseite rund 1:1500 pro Jahr. Bei Brake liegt sie jedoch bei über 1 : 100 pro Jahr (Lieberman, Mai 1999, S. 125), wengleich in diesem Bereich derzeit ein Ausbau des Hauptdeichs erfolgt. Das derzeitige deterministische Bemessungskonzept, für welches weder im Generalplan Küstenschutz noch im Niedersächsischen Deichgesetz eine Planvorgabe für die Versagenswahrscheinlichkeit festgelegt ist, weist daher selbst ohne Berücksichtigung der Hinterlandnutzung erheblichen Verbesserungsbedarf auf.

Die hier vorgestellte probabilistische Methode der Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit ermöglicht zudem die Beurteilung der Wirkung von z. B. klimawandelbedingten erhöhten Belastungen auf die Sicherheit des Küstenschutzsystems. Für den vom IPCC 2001 vorausgesagten globalen Meeresspiegelanstieg bis 2100 in Höhe von 14 bis 80 cm (IPCC 2001, Chapter 11, Figure 11.12, Appendix II) erhöht sich die Wahrscheinlichkeit eines Wellenüberlaufs am Hauptdeich um das Zwei- bis Achtfache, sodass sich das Wiederkehrintervall entlang der Deiche der Unterweser von etwa 1000 Jahren auf weniger als 200 Jahre reduziert.

Ausweisung von Überflutungsflächen im Hinterland

Im Falle eines Deichversagens sind weite Teile des Hinterlandes überflutungsgefährdet. Konventionell erfolgt die Ermittlung der Überflutungsflächen durch bloßes Verschneiden der Geländetopographie mit dem anzusetzenden Sturmflutwasserstand, was zu einer Überschätzung der Überflutungsfläche führt. Die zweidimensionale numerische Simulation einer Überflutung bei Deichbruch ermöglicht eine exaktere Ausweisung der Überflutungsflächen, welche die Grundlage für die Ex-Ante-Ermittlung des Folgeschadens darstellt. Für die Sturmflut vom 29./30. Oktober 1996 ergibt sich im Falle einer angenommenen Deichbruchweite von 200 m bei einem Versagen des Deiches bei Brake (Deich-km 384) eine Überflutungsfläche von 96 km² (vgl. Abb. 2).

Nutzungsklassifizierung mit ATKIS

Zur Identifikation der Hinterlandnutzung eignet sich auf mesoskaliger Ebene für den deutschen Küstenraum insbesondere das digitale Landschaftsmodell (DLM) des Amtlichen Topo-

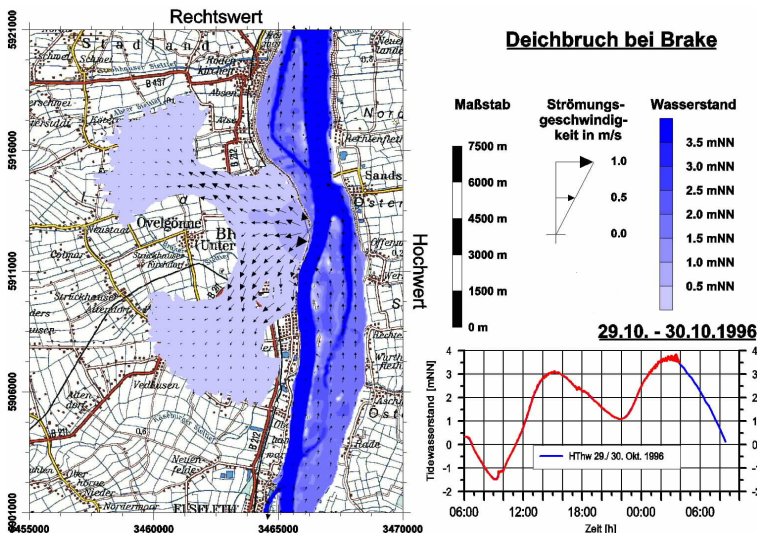


Abb. 2: Zeitschritt einer Überflutungssimulation bei Brake mit den Sturmflutparametern vom 29./30. Oktober 1996

Quelle: eigene Darstellung

graphisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS). Für ein Überflutungsereignis nach Deichbruch bei Waddensersiel (Deich-km 345) unter Voraussetzung der Sturmflut vom 3. Januar 1976 ergibt sich der in *Abb. 3* dargestellte zeitliche Ablauf der nach Nutzungen klassifizierten Überflutung. Es zeigt sich, dass die Betroffenheit verschiedener Nutzungen stark von der Weite der Deichöffnung abhängig ist, und zwar sowohl hinsichtlich der betroffenen Fläche als auch der eingeströmten Wassermenge. So wird bei einer Deichöffnung von 250 m gegenüber einer Weite von 50 m die vierfache Fläche an Wohnbebauung überflutet, wobei die 3,5-fache Wassermenge auf die betroffenen Areale einströmt. Die gesamte Überflutungsfläche beträgt im Falle einer Deichöffnung von 50 m ca. 40 km² bei einer mittleren Wassertiefe von 0,45 m. Bei einer angenommenen Deichbruchweite von 250 m vergrößert sich die überflutete Fläche auf 75 km² bei einer mittleren Überflutungstiefe von 0,56 m.

Bewertung der Nutzungen

Die Bewertung der überflutungsgefährdeten Nutzungen kann mikroskalig, d.h. objektscharf (*Hamann, Reese 2000, S. 140ff*), mesoskalig, d.h. durch Disaggregation von Gemeinde- und Kreisstatistiken (*Kiese, Leineweber 2000, S. 11ff*) oder makroskalig, d.h. unter Berücksichtigung der langfristigen Entwicklung von Großräumen (*Behnen 2000, S. 35ff*) erfolgen. Aufgrund der Gebietsgröße und zur Gewährleistung der Automatisierbarkeit des Verfahrens erfolgt die Bewertung hier nach dem mesoskaligen Verfahren.

Die Disaggregation erfordert eine Zuordnung der ATKIS-Objektarten zu den in *Tab. 1* genannten Wertkategorien. Für das Wohnvermögen in Butjadingen folgt bei einer Gesamtbevölkerung von 6479 Einwohnern und einem Wohnvermögen pro Kopf von 47466 € (*Kiese, Leineweber 2001, S. 39 u. 41*) sowie einer Gesamtfläche gemischter Nutzung von 383,25 ha und Wohnbaufläche von 285,48 ha ein flächenbezogener Wert von 644600 €/ha für Wohnbaufläche und von 322300 €/ha für Fläche gemischter Nutzung.

Schädigung der Nutzungen

Die bei Überflutung betroffenen Nutzungen werden nur teilweise zerstört. Gängige Parametrisierungen in Abhängigkeit

des Überflutungswasserstandes sind in *Abb. 4* dargestellt. Für einen Deichbruch bei Waddensersiel (Deich-km 345) ergibt sich bei Verwendung der Parametrisierungen der CUR ein Folgeschaden von etwa 7,6 Mio € für die Wohnbebauung im Gebiet der Gemeinden Butjadingen und Nordenham.

GIS-gestützte Risikozonierung

Aus der Versagenswahrscheinlichkeit und dem Folgeschaden ergeben sich verschiedene Risikozonen im Hinterland. Zur Automatisierung dieser Risikozonierung für verschiedene Szenarien eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs wird am Franzius-Institut das GIS-basierte Risiko-Informationssystem Küste (RISK) entwickelt (*Weigel, Mai 2002, S. 12*). Es entstand aus dem Bauwerks- und Seegangs-Informationssystem (BaSIS), welches zur Folgeschadenermittlung nicht eine Nutzungsklassifizierung mit Hilfe von ATKIS-Daten verwendet, sondern eine analoge Erfassung der Flächennutzungen aus der Deutschen Grundkarte 1 : 5000 (DGK 5) und der Topographischen Karte 1 : 25000 (TK 25).

Abb. 6 zeigt beispielhaft das derzeitige Überflutungsrisiko des Hinterlandes bei Versagen des Deiches bei Waddensersiel. Mit der GIS-gestützten Risikozonierung steht für die Raumplanung in Küstengebieten zukünftig ein weiteres Entscheidungskriterium zur Verfügung. So kann die Ausweisung von Wohn- bzw. Gewerbegebieten zukünftig unter Berücksichtigung des Sturmflutrisikos erfolgen. Weiterhin können mit Hilfe der GIS-gestützten Risikozonierung alternative Sicherungsstrategien wie das Anlegen einer zweiten Deichlinie, d. h. die Begrenzung der Überflutungsfläche, oder der Objektschutz, d.h. die Verminderung des Folgeschadens, in ihrer Wirksamkeit beurteilt werden. Unter Berücksichtigung des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs wird die Risikoanalyse damit in Zukunft zum essentiellen Bestandteil eines integrierten Küstenzonenmanagements. ■

Literatur

Behnen, T.: Der beschleunigte Meeresspiegelanstieg und seine sozio-ökonomischen Folgen, Hannover 2000

CUR (1990) - Centre for Civil Engineering Research and Codes: Probabilistic Design of Flood Defences, in: Technical Advisory Committee on Water Defences (TAW), Report 141

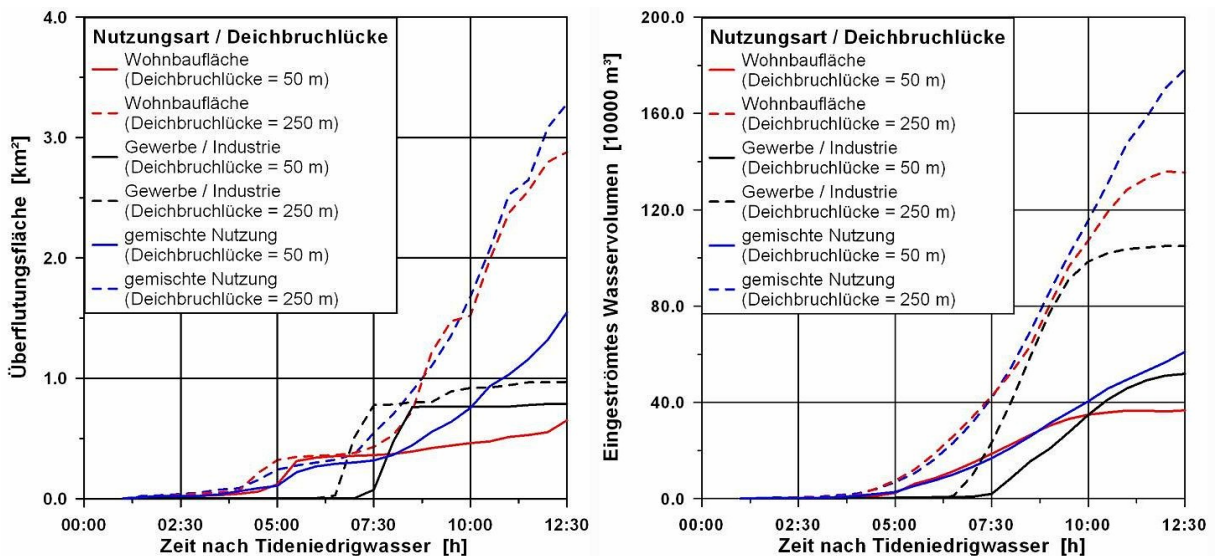


Abb. 3: Zeitliche Entwicklung der nach Nutzungen klassifizierten Überflutungsflächen und eingeströmten Wassermengen
Quelle: eigene Darstellung

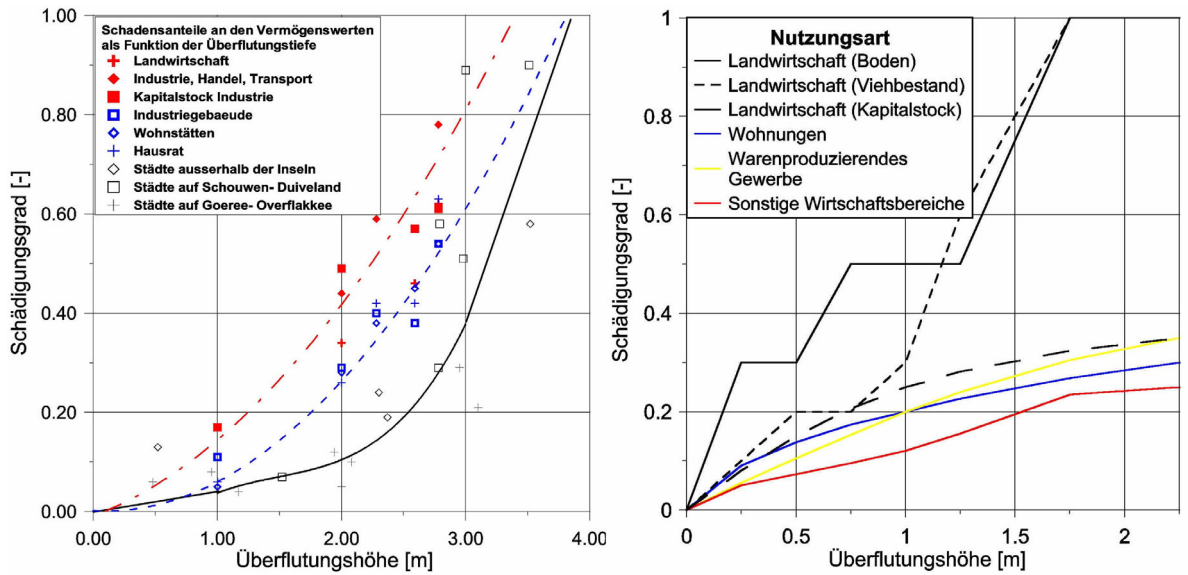


Abb. 4: Schadenfunktion in Abhängigkeit der Überflutungshöhe

Quelle: links: eigene Darstellung nach CUR 1995, S. 92; rechts: eigene Darstellung nach Klaus, Schmidtke 1990; S. 111 ff.

Hamann, M. und S. Reese (2000): Wertermittlung und Schadensanalyse als Instrumente für die Küstenschutzplanung in Schleswig-Holstein. In: Venzke, J.-F. (Hrsg.): Beiträge der 17. Jahrestagung des Arbeitskreises "Geographie der Meere und Küsten". Bremen 2000. S. 139-147 (Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, H. 36)

IPCC, International Panel on Climate Change (Hrsg.): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge und New York 2001

Jorissen, R.E.: Coastal Flood-Risk Management in the Netherlands. - Mitteilungen des Franzius-Instituts (2000), Heft 85, S. 77-89

Kiese, M. und Leineweber, B.: Risiko einer Küstenregion bei Klimaänderung - Ökonomische Bewertung und räumliche Modellierung des Schadenspotentials in der Unterweserregion. Hannover 2001 (Hannoversche Geographische Arbeitsmaterialien, H. 25)

Lieberman, N. v. und S. Mai: Küstenschutz an der Unterweser vor dem Hintergrund von Naturraum und Nutzung. Bremen 1999, S. 109-127 (Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung, H. 35)

Mai, S. und Lieberman N. v.: Internet-based Tools for Risk Assessment for Coastal Areas. Proceedings of the 4th Int. Conf. on Hydroinformatics, Iowa, USA, 2000 (CD-ROM)

Ris, R. C.: Spectral Modelling of Wind Waves in Coastal Areas. Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering. Delft 1997 (Department of Civil Engineering, Delft University of Technology, Report No. 97-4)

Roelse, P., Bakkar, W. T.: Statistical Investigations on Dike Failure, Proceedings of the International Conference on Coastal Engineering. Taipeh 1986

Klaus, J. und Schmidtke, R.F.: Bewertungsgutachten für Deichbauvorhaben an der Festlandküste - Modellgebiet Wesermarsch. Untersuchungsbericht an den Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Bonn 1990

Starke, W.-D.: Schäden und Vorsorgemöglichkeiten im Küsten- und Deichschutz, Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover (2000), Heft 85, Hannover, S. 59-64

Sterr, H. und Simmering, F.: Die Küstenregion im 21. Jahrhundert, Einschätzung der Folgen des Klimawandels aus der Sicht des IPCC. Vechta 1996, S. 181-188 (Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft VSAG)

Weigel, J. und Mai, S.: Im Einklang mit dem Meer - GIS-Einsatz im Küstenzonenmanagement. GeoBIT 7/2002, S. 10-12

Zimmermann, C. und Mai, S.: Analyse von Küstenschutzsystemen unter Risikoaspekten. HANSA-Schiffahrt-Schiffbau-Hafen, 1998 Nr. 6, S. 67-70

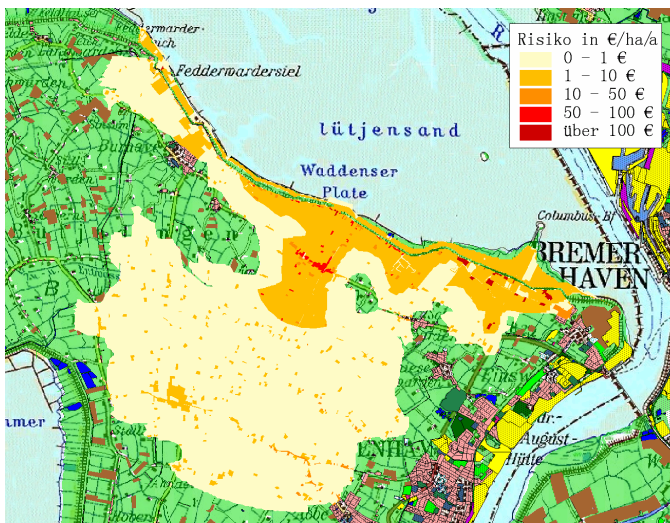


Abb. 5: Überflutungsrisiko bei Deichbruch bei Waddensiel

Quelle: eigene Darstellung

Autoren

Dipl.-Geog. **Johannes Weigel**, geb. 1971
 GEONET Umweltplanung und GIS-Consulting
 Große Pfahlstraße 5, 30161 Hannover
 E-Mail: weigel@geo-net.de
 Arbeitsgebiete, Forschungsschwerpunkte:
 Geographisches Informationssystem, Küstenforschung, Geostatistik, Verkehrsgeographie

Dipl.-Phys., Dipl.-Ing. **Stephan Mai**, geb. 1968
 Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen
 Universität Hannover, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover
 E-Mail: stephan.mai@fi.uni-hannover.de
 Arbeitsgebiete, Forschungsschwerpunkte:
 Risikoanalyse von Küstenschutzsystemen, GIS-Anwendungen